

文章编号: 1001-8166(2005)07-0772-06

基于反射率的太湖典型湖区溶解性有机碳的反演

张运林^{1,2}, 黄群芳³, 马荣华¹, 陈伟民¹

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

摘要 2004年4月基于野外水下辐照度的测定及实验室溶解性有机碳(DOC)的分析, 通过研究典型湖区水体中DOC浓度与反射率之间的关系, 选择DOC浓度反演的最佳波段, 建立了DOC浓度的遥感定量反演模型。结果表明, DOC浓度在6.60~17.17 mg/L(均值为9.99 mg/L, 方差为2.48 mg/L)之间, 反射率的峰值出现在560~590 nm红光波段与绿光波段反射率的对数值能较好的估计DOC浓度, 其中又以 $\lg(R_{670}/R_{530})$ 与 $\lg(\text{DOC})$ 相关程度最高, 决定系数为0.82, DOC浓度反演的经验模型为 $\lg(\text{DOC}) = 0.654 (\pm 0.012) \lg[R(670)/R(530)] + 1.007 (\pm 0.086)$ 。对模型进行检验, 最小误差为6.7%, 最大误差为20.3%, 平均误差为12.3%。

关键词 溶解性有机碳 反射率 反演 太湖
中图分类号 P343.1 文献标识码 A

溶解性有机碳(Dissolved Organic Carbon, DOC)是水体中最大的有机碳储库, 与大气中的碳储量相当, 内陆水体中DOC的产生、迁移、转化与循环等过程都相当复杂。并且随着到达地球表面UV-B辐射的增强, DOC作为UV-B辐射衰减的主要影响因子必将受到越来越多的重视。研究太湖中的DOC的浓度、时空分布在研究溶解性物质对UV-B辐射的衰减^[1]、碳的地球化学循环、内陆水体碳估算等方面具有重要意义。

太湖梅梁湾和东太湖分别面临着富营养化水华暴发和沼泽化²类完全不同的环境问题^[2]。梅梁湾由于紧邻无锡市, 受流域工农业废水和生活污水等影响, 水体中的DOC浓度较高, DOC以陆源为主; 而东太湖由于其水生植物生长茂盛, 除了陆源的DOC外, 秋、冬季水生植物腐烂降解的产物也可能是DOC的重要来源。利用遥感手段来探测水体中物质组成已成为当前水色遥感的重要研究内容, 相继有许多人使用便携式的地物光谱仪或水色传感器

的反射率来研究水体中DOC浓度, 并发展出大量DOC浓度的遥感反演模型^[3~10]。这其中包括经验模型、半经验模型和理论模型, 通过选择特定的光谱区和合理的波段或波段组合的反射率作为相关变量来反演水体中DOC浓度是当前使用最多的方法。国内关于内陆水体DOC的遥感反演还未见报道, 本研究以太湖梅梁湾、东太湖2类典型湖区为研究对象, 基于野外水下辐照度的测定, 通过分析反射率的变化特征、DOC浓度与反射率的关系, 确定提取DOC浓度信息的最佳波段组合, 建立太湖典型湖区DOC浓度的经验反演模型。

1 材料与方法

1.1 采样时间与站位

2004年4月4日、5日在东太湖的D1~D4#梅梁湾的0#、6#、12#、4月16日在梅梁湾的0~11#点分别进行水下光谱的现场测定, 站点位置见图1, 其中0~6#是中国科学院太湖湖泊生态系统研究站

* 收稿日期: 2004-11-18, 修回日期: 2005-03-28。

* 基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目“长江中下游地区湖泊富营养化的发生机制与控制对策研究”(编号: KZCX1-SW-12); 江苏省自然科学基金项目“东太湖湖底水生植被对水体叶绿素遥感的影响研究”(编号: BK2004422)资助。

作者简介: 张运林(1976-), 男, 湖南邵阳人, 博士研究生, 主要从事湖泊光学和湖泊生态学研究。E-mail: yizhang@niglas.ac.cn

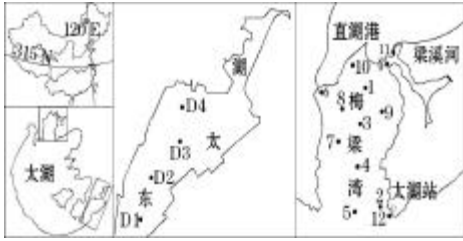


图1 东太湖和梅梁湾采样点位置示意图

Fig.1 Location of sampling sites in East Lake Taihu and Meiliang Bay

常规监测点。

1.2 采样与测量方法

水下光谱辐射测量所选用的仪器为英国 Macam 公司生产的 SR9910-PC 型水下光谱仪,可以测定向上和向下辐照度,仪器的相关参数参见文献[11, 12]。数据采集的波长为 320 ~ 750 nm,间隔为 5 nm。光合有效辐射(Photosynthetic Available Radiation, PAR)总量的测定选用国际上通用的美国 LI-COR 公司生产的水下量子仪(Licor 192SA),分水下 0、0.2、0.5、0.75、1、1.5、2 m 等 5 ~ 7 层测定 PAR 强度,每层记录 3 个数据,用平均值代替该层数据。为减小太阳高度角变化对水下光谱测量结果的影响,测量集中在 10 00 ~ 14 00 进行,观测期间天空晴朗无云。

水下辐照度在光学性质均一的水体中遵从指数规律衰减^[13]:

$$K_d(\text{PAR}) = -\frac{1}{z} \ln \frac{I(z)}{I(0)} \quad (1)$$

式中 $K_d(\text{PAR})$ 为 PAR 漫射衰减系数, z 为从湖面到测量处的深度, $I(z)$ 为深度 z 处的 PAR 强度, $I(0)$ 为水面下(0) PAR 强度。 $K_d(\text{PAR})$ 值通过对不同深度水下 PAR 强度进行指数回归得到,回归效果只有当 $R^2 \geq 0.95$, 深度数 $N \geq 3$ 时 $K_d(\text{PAR})$ 值才被接受,否则视为无效值。

透明度使用 30 cm 的赛氏圆盘测定。叶绿素 a 的测定采用分光光度法测量,用 GF/C 滤纸(Watman 公司)过滤 90% 热乙醇提取,然后在 7230 分光光度计上进行检测。悬浮物用 GF/C 滤纸过滤,采用电子天平称重法测定。DOC 的测定是用事先灼烧过 Whatman GF/F 滤膜(直径为 25 mm)过滤水样,然后将过滤清液在 1020 型 TOC 仪进行测定。

有色可溶性有机物(Chromophoric Dissolved Organic Matter CDOM)的吸收系数测定也是采用 GF /

F 滤膜过滤水样,将过滤清液在 UV2401 分光光度计下测定吸光度,然后根据(2)式计算得到各波长的吸收系数^[14]。

$$a(\lambda) = 2.303 D_\lambda / r \quad (2)$$

式中 $a(\lambda)$ 为波长 λ 未校正的吸收系数(m^{-1}), D_λ 为吸光度, r 为光程路径(m)。

由于过滤清液还有可能残留细小颗粒会引起散射,为此作如下散射效应订正^[15]:

$$a(\lambda) = a(\lambda) - a(750) \cdot \lambda / 750 \quad (3)$$

式中 $a(\lambda)$ 为波长 λ 的吸收系数(m^{-1}), $a(\lambda)$ 为波长 λ 的未校正吸收系数(m^{-1}); λ 为波长(nm)。

1.3 反射率计算及数据处理

任一深度处的向上和向下辐照度的比值,称为反射率,其中刚好在水面的反射率 $R(0)$ 能直接与水体中物质组成相联系^[13]。在水色遥感中常利用此参量来反演和估算水体中悬浮物、叶绿素 a 浓度和 DOC(或 CDOM)浓度,可近似的表示为后向散射系数与吸收系数的比值^[16]。

$$R(0) = \frac{E_u(0)}{E_d(0)} \approx 0.33 \frac{b_b}{a} \quad (4)$$

各参数的均值、标准差、方差分析、线性、指数及幂函数回归均采用 SPSS11.0 软件进行统计分析。

2 结果

2.1 主要生物光学参数

表 1 给出了与湖泊水体生物光学特性相关的部分理化参数。由表 1 可知,观测期间 DOC 浓度在 6.60 ~ 17.17 mg/L (9.99 ± 2.48 mg/L) 变化,其中位于东太湖的 D1 ~ D4 点 DOC 浓度均低于 8.0 mg/L,相反位于梅梁湾各点值均高于 8.0 mg/L,反映了梅梁湾水体 DOC 浓度明显高于东太湖。水体中总悬浮物浓度变化较大,为 5.00 ~ 86.20 mg/L,这主要与采样期间以及采样前几天的风浪情况有关。而叶绿素 a 浓度则与藻华生长以及风向有关,在迎风面往往可能会堆积大量的藻类,致使叶绿素 a 浓度较高。东太湖和梅梁湾水体的光学状况也差异显著,其中梅梁湾水体 PAR 的衰减系数明显要高于东太湖。

2.2 水体反射率光谱特征

图 2 给出了恰好位于水面处的反射率的变化曲线,其变化呈现典型内陆水体特征,在 400 ~ 500 nm 由于非生物颗粒物、CDOM 及浮游藻类的吸收,反射率比较低。由(4)式可知,反射率可以近似表示为后向散射系数与吸收系数的比值,因而在后向散射

表 1 太湖典型湖区水体生物光学参数
Table 1 Bio-optical parameters of typical lake zones of lake Taihu

采样点	采样日期	TSS	OSS	ISS	Chl-a	DOC	a(440)	K _d (PAR)	SD
		mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	mg/L	m ⁻¹	m ⁻¹	m
D1 #	2004-04-04	17.07	4.00	13.07	6.29	6.96	0.72	2.04	0.70
D2 #	2004-04-04	5.00	2.03	2.97	2.47	7.07	0.91	1.24	1.30
D3 #	2004-04-04	11.30	2.90	8.40	3.04	6.60	0.87	1.81	0.90
D4 #	2004-04-04	10.43	2.73	7.70	1.32	7.97	1.10	1.81	1.10
0 #	2004-04-05	86.20	10.80	75.40	11.83	12.77	2.22	7.77	0.20
6 #	2004-04-05	33.48	7.36	26.12	23.96	17.17	2.95	3.98	0.35
12 #	2004-04-05	46.28	9.68	36.60	45.50	10.46	1.39	4.72	0.35
0 #	2004-04-16	22.48	10.76	11.72	46.81	10.83	1.50	3.49	0.45
1 #	2004-04-16	27.24	6.04	21.20	13.00	8.97	1.51	3.53	0.40
2 #	2004-04-16	11.00	4.96	6.04	8.08	10.37	1.36	1.93	0.80
3 #	2004-04-16	23.36	6.68	16.68	14.27	9.11	1.84	2.86	0.45
4 #	2004-04-16	18.20	5.48	12.72	10.15	8.28	1.46	2.68	0.55
5 #	2004-04-16	20.88	6.16	14.72	9.03	8.94	1.43	2.74	0.45
6 #	2004-04-16	11.84	5.96	5.88	20.17	11.34	2.15	2.25	0.55
7 #	2004-04-16	19.56	6.76	12.80	15.19	10.07	1.50	3.2	0.45
8 #	2004-04-16	13.28	5.52	7.76	12.61	9.19	1.79	2.35	0.70
9 #	2004-04-16	10.84	4.52	6.32	7.59	9.82	1.39	2.46	0.70
10 #	2004-04-16	29.16	7.56	21.60	18.02	11.12	1.57	3.49	0.35
11 #	2004-04-16	28.40	11.84	16.56	67.97	11.81	1.74	4.37	0.30

注：TSS 为总悬浮物、OSS 为有机颗粒物、ISS 为无机颗粒物、a(440) 为有色可溶性有机物 440 nm 处吸收系数、SD 为透明度

一定的情况下,吸收系数增加,反射率则明显下降,而 CDOM 可基本被认为只有吸收没有散射,并且其吸收大致呈现从短波向长波按指数规律递减。2004 年 4 月 5 日梅梁湾 0 #点,由于其悬浮物浓度高达 86.20 mg/L,明显高于其他各点,因而其 400 nm 附近短波反射率最低,而 2004 年 4 月 5 日梅梁湾 12 #点叶绿素 a 浓度高达 45.50 μg/L,因而其在 675 nm 附近波段出现明显谷值。从全湖整体反射率的光谱分布来看,在 560 ~590 nm 附近出现峰值,在 675 nm 附近表现为谷值主要是由于叶绿素 a 在此波段的特征吸收所致,而在 705 nm 附近出现第二个峰

值。与国外一些内陆湖泊以及我们在室内模拟实验得到的研究结果相比,无论是数值大小还是峰谷值出现的位置均较为一致^[17-19]。如 Gons^[18]曾报道荷兰的浅水湖泊 Vecht、Overijssel 的 R(0,λ)最低值出现在蓝紫光波段,在 584 nm 和 704 nm 具有 2 个明显的峰值。

2.3 DOC 反演模型

为建立和检验模型精度,将 19 个采样点按照 DOC 浓度从高到低排序,每隔 3 个点取出一个点,即把 19 个点的采样数据分成 2 组,一组 15 个点用于建立回归反演模型,一组 4 个点用于回归模型检验。

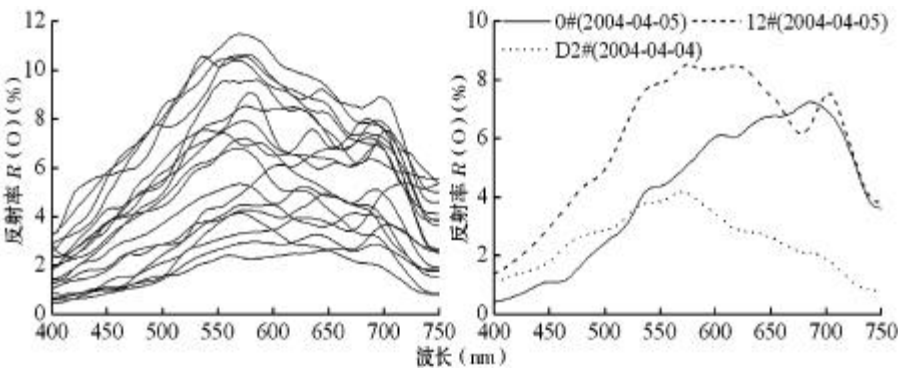


图 2 太湖典型湖区反射率 R(0) 光谱特征
Fig. 2 Spectral distribution of irradiance reflectance in typical lake zones of Lake Taihu

Bowers 等^[28]研究显示半经验模型反演 DOC 浓度或 CDOM 吸收系数可以用红光波段与其他波段反射率的比值来加以反演,因而常借助水色遥感器上主要通道的反射率的比值,如 Bowers 等^[9]用 670 nm 和 490 nm 反射率的比值反演康维(Conwy)河口 CDOM,建立了如下关系:

$$a(440) = 1.45[R(670)/R(490)] - 0.478$$
$$(R^2 = 0.94) \tag{5}$$

式中: $a(440)$ 为波长 440 nm 的 CDOM 吸收系数(m^{-1}); $R(670)$ 、 $R(490)$ 分别为波长 670 nm 和 490 nm 的反射率。

陈楚群等^[3,4]基于 SeaWiFS 资料采用 670 nm、490 nm 和 412 nm 反射率比值反演得到了珠江口海域 DOC 浓度和 CDOM 空间分布,建立了 DOC 浓度与最佳波段组合光谱反射率值之间的反演模式:

$$\lg(\text{DOC}) = 1.2419\lg[R(670)/R(412)] - 0.2614$$

$$(N = 130, R^2 = 0.839) \tag{6}$$

基于前人研究,我们选取 670 nm 波长处的反射率与其他波段反射率值作为自变量,通过检验不同波段组合精度的方式,选取最佳的波段比值组合方式,用于反演太湖典型湖区 DOC 浓度。由图 3 可知 $\lg[R(670)/R(\lambda)]$ 与 DOC 浓度及 $\lg(\text{DOC})$ 在 400 ~ 600 nm 波段均有较好的相关性,确定系数在 0.6 以上,这与大多研究者选取 670 nm 与 412 nm、490 nm 比值作为自变量相一致。但在本研究中也以 670 nm 与 530 nm 的比值相关性最高,而 DOC 浓度经对数转换后的相关性又要高于单纯用 DOC 浓度来反演,为此得到太湖典型湖区 DOC 浓度反演的半经验模式:

$$\lg(\text{DOC}) = 0.654(\pm 0.012)\lg[R(670)/R(530)] + 1.007(\pm 0.086)$$
$$(R^2 = 0.82, N = 15, P \leq 0.0001) \tag{7}$$

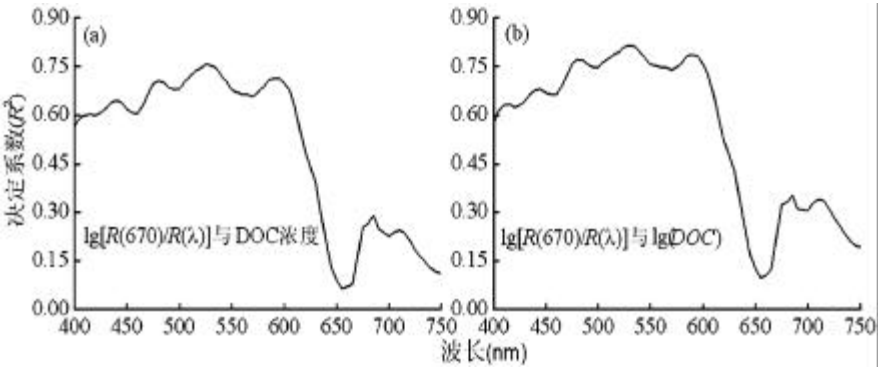


图 3 $\lg[R(670)/R(\lambda)]$ 与 DOC 浓度及 $\lg(\text{DOC})$ 线性相关性
Fig.3 Determination coefficients between $\lg[R(670)/R(\lambda)]$ and DOC concentration, $\lg(\text{DOC})$

3 讨论

图 4 是模型预测的 DOC 浓度与实测浓度的散点图,实测值和预测值较为均匀的分布在 1:1 线的两边。利用预留的 4 个点数据对反演模型进行误差检验,发现相对误差最小值为 6.7%、最大误差为 20.3%,平均误差为 12.3%,而且模型的决定系数为 0.82,因而可以认为模型能较好地用于太湖典型湖区 DOC 浓度的反演。

与海洋和河口的研究相比^[3,4,9],在太湖是红光波段的 670 nm 与绿光波段的 530 nm 比值跟 DOC 浓度相关性最好,这主要是因为太湖为富营养化湖泊,河流携带了大量的陆源溶解性物质进入水体,CDOM 浓度非常高($a(440)$ 的变化范围为 0.72 ~

$2.95 m^{-1}$)。加之叶绿素 a 浓度也相当高,CDOM 和浮游植物对蓝光的强烈吸收使得蓝光离水辐射率较

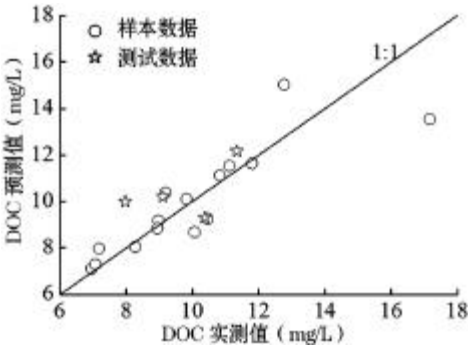


图 4 DOC 实测值与预测值散点图
Fig.4 Measured and predicted values of DOC

近为零,使得用红光和蓝光波段反射率比值反演的精度降低。Kutser 等^[10]在对瑞典和芬兰的湖泊的 CDOM 的遥感反演时也发现类似的现象,使用 B3 波段(630 ~690 nm)与 B2 波段(525 ~605 nm)的比值能很好地反演水体中 CDOM 的浓度,而 B3 波段与 B1 波段(450 ~515 nm)的比值反演的精度则有所降低。其对应的实测 CDOM 在 420 nm 处的吸收系数变化范围为 0.68 ~11.13 m⁻¹。

当前内陆水体水色遥感中,悬浮物和叶绿素的遥感反演开展的较多并取得了较好的精度,而关于 DOC 浓度和 CDOM 吸收系数的遥感尽管也有些成功的案例,但尚不多见,这主要是由于 DOC 等溶解性物质的水色信息较弱。太湖梅梁湾水体悬浮物浓度和叶绿素 a 浓度较高,而东太湖尽管悬浮物和叶绿素 a 浓度不高,但水生植物生长茂盛,其光谱反射率会明显影响离水辐亮度,这对 DOC 的水色遥感带来了很大困难,会明显降低 DOC 浓度的反演精度。本研究首次在太湖典型湖区利用实测的反射率反演了 DOC 浓度并取得不错的效果,反演模型中采用反射率的对数值而不是反射率值这一方式可提高反演精度,这在其他人的研究中也得到证实^[3-5,21]。由于太湖是一个大型浅水湖泊,不同湖区生态系统差异显著,加之浮游植物生长具有明显的季节性,因而要想利用本模型来反演全湖全年 DOC 浓度分布尚会存在一定误差。为此需进一步加大采样点的范围,增加采样频率,以便提高反演精度。此外,本研究使用的提取最佳反演波段组合的方法属半经验方法,未涉及到水体光衰减物质的固有光学参量,缺乏坚实的物理基础,当前我们正在太湖进行大量水体光衰减物质吸收与散射等固有光学参量的测定,便于以后建立基于理论的生物—光学模型遥感算法,真正建立典型内陆水体的水色遥感模型。

4 结 论

(1) DOC 浓度在 6.60 ~17.17 mg/L (均值为 9.99 ±2.48 mg/L) 之间,东太湖和梅梁湾存在较大差异,其中梅梁湾值明显高于东太湖值。

(2) 反射率的光谱特征呈现典型内陆水体特征,400 ~500 nm 波段非常低,第一峰值出现在 560 ~590 nm,第二峰值出现在 700 nm 附近,而在 675 nm 附近表现为谷值。

(3) 基于 670 nm、530 nm 反射率比值的 DOC 浓度反演模型为: $\lg(\text{DOC}) = 0.654(\pm 0.012) \lg[R(670)/R(530)] + 1.007(\pm 0.086)$ 。

参考文献(References):

- [1] Zhang Yunlin, Qin Boqiang, Chen Weimin. Effects of increased UV-B radiation on aquatic ecosystem in lakes[J]. *Advances in Earth Science*, 2005, 20(1): 106-112. [张运林, 秦伯强, 陈伟民. 增强 UV-B 对湖泊生态系统的影响研究[J]. 地球科学进展, 2005, 20(1): 106-112.]
- [2] Qin Boqiang, Wu Qionglong, Gao Junfeng, et al. Water environmental issues in Taihu Lake of China: Problems causes and management[J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(2): 221-228. [秦伯强, 吴庆龙, 高俊峰, 等. 太湖地区的水资源与水资源问题、原因与管理[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 221-228.]
- [3] Chen Chuqun, Shi Ping. Application of ocean color satellite remote sensing data for estimation of DOC concentration[J]. *Acta Scientiae Technicae*, 2001, 21(6): 715-719. [陈楚群, 施平. 应用水色卫星遥感技术估算珠江口海域溶解有机碳浓度[J]. 环境科学学报, 2001, 21(6): 715-719.]
- [4] Chen Chuqun, Pan Zhilin, Shi Ping. Simulation of sea water reflectance and its application in retrieval of yellow substance by remote sensing data[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2003, 22(5): 33-39. [陈楚群, 潘志林, 施平. 海水光谱模拟及其在黄色物质遥感反演中的应用[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(5): 33-39.]
- [5] Vertucci F A, Likens G E. Spectral reflectance and water quality of Adirondack mountain region lakes[J]. *Limnology and Oceanography*, 1989, 34(6): 1656-1672.
- [6] Aranz R F, Lewis W M, Saunders J F. Determination of chlorophyll and dissolved organic carbon from reflectance data for Colorado reservoirs[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, 17(8): 1547-1566.
- [7] Kallio K, Kutser T, Hannonen T, et al. Retrieval of water quality from airborne imaging spectrometry of various lake types in different seasons[J]. *The Science of the Total Environment*, 2001, 268: 59-77.
- [8] Pierson D C, Strimbeck N. Estimation of radiance reflectance and the concentrations of optically active substances in Lake Malaren, Sweden, based on direct and inverse solutions of a simple model[J]. *The Science of the Total Environment*, 2001, 268: 171-188.
- [9] Bowers D G, Evans D, Thomas D N, et al. Interpreting the color of an estuary[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2004, 59(1): 13-20.
- [10] Kutser T, Pierson D C, Kallio KY, et al. Mapping lake CDOM by satellite remote sensing[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 94(4): 535-540.
- [11] Zhang Yunlin, Qin Boqiang, Chen Weimin, et al. Analysis on distribution and variation of beam attenuation coefficient of Taihu Lakes water[J]. *Advance in Water Science*, 2003, 14(4): 447-453. [张运林, 秦伯强, 陈伟民, 等. 太湖水体光学衰减系数的分布及变化特征[J]. 水科学进展, 2003, 14(4): 447-453.]
- [12] Schubert H, Sagert S, Forster R M. Evaluation of the different

- levels of variability in the underwater light field of a shallow estuary [J]. *Helgolander Marine Research*, 2001, 55(1): 12-22.
- [13] Kirk J T O. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystem [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [14] Bricaud A, Morel A, Prieur L. Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domain [J]. *Limnology and Oceanography*, 1981, 26(1): 43-53.
- [15] Keith D J, Yoder J A, Freeman S A. Spatial and temporal distribution of coloured dissolved organic matter (CDOM) in Narragansett bay, Rhode Island: implications for phytoplankton in coastal waters [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2002, 55(5): 705-717.
- [16] Tassan S. Local algorithms using SeaWiFS data for the retrieval of phytoplankton, pigments, suspended sediment, and yellow substance in coastal waters [J]. *Applied Optics*, 1994, 33(24): 2369-2378.
- [17] Gons H J, Ebert J, Kromkamp J. Optical tele-detection of the vertical attenuation coefficient for downward quantum irradiance of photosynthetically available radiation in turbid inland waters [J]. *Aquatic Ecology*, 1998, 31(3): 299-311.
- [18] Gons H J. Optical tele-detection of chlorophyll a in turbid inland waters [J]. *Environmental Science & Technology*, 1999, 33(7): 1127-1133.
- [19] Zhang Yunlin, Qin Boqiang, Chen Weimin, et al. Experimental study of underwater light field and affecting mechanism [J]. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(7): 792-798. [张运林, 秦伯强, 陈伟民, 等. 水下光场及其影响机制的水槽模拟实验研究 [J]. *自然科学进展*, 2004, 14(7): 792-798.]
- [20] Bowers D G, Harker G E L, Smith P S D, et al. Optical properties of a region of freshwater influence (the Clyde Sea) [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2000, 50(5): 717-726.
- [21] Hirtle H, Rencz A. The relation between spectral reflectance and dissolved organic carbon in lake water: Kejimikujik National Park, Nova Scotia, Canada [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(5): 953-967.

RETRIEVING OF DISSOLVED ORGANIC CARBON BASED ON IR RADIANCE REFLECTANCE IN TYPICAL LAKE ZONES OF LAKE TAIHU

ZHANG Yun-lin^{1,2}, HUANG Qun-fang³, MA Rong-hua¹, CHEN Wei-min¹

(1. Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Department of City and Resources, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Underwater irradiance and irradiance reflectance in typical lake zones of Lake Taihu were measured using a Macam SR9910 scanning spectroradiometer in April 2004. Extensive water quality parameters such as Total Suspended Solids (TSS), Dissolved Organic Carbon (DOC) and chlorophyll a (Chl-a) were measured simultaneously with the spectral data. The features of the spectral irradiance reflectance of the lake waters are discussed. An optimum band combination is found and a local algorithm model for DOC concentration estimation is developed. The results show that DOC concentration ranges from 6.60 to 17.17 mg/L with an average of 9.99 mg/L. Most peaks of subsurface irradiance reflectance are recorded between 560 and 590 nm. The ratio of irradiance reflectance of red waveband to green waveband can be used to estimate DOC concentration satisfactorily. Determination coefficients between $\lg(R_{670}/R_{530})$ and $\lg(\text{DOC})$ is 0.82. The retrieving model of DOC concentration is: $\lg(\text{DOC}) = 0.654 + 0.012 \lg[R(670)/R(530)] + 1.007 + 0.086$. The maximal, minimal and average relative errors of model are 20.3%, 6.7% and 12.3%, respectively. This paper has demonstrated the potential of the method for deriving CDOM and DOC from measurements of irradiance reflectance in lake Taihu. The accuracy of the method needs to be improved if it is to be of practical use, and this will involve more and careful measurements.

Key words: Dissolved Organic Carbon (DOC); Irradiance reflectance; Retrieving; Lake Taihu.